

МЕТОД СОВМЕСТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНА ПРЕДПРИЯТИЯ И ДОСТАВКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ С УЧЕТОМ ЕГО ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В докладе обосновывается возможность использования оптимизационных моделей для разработки метода оценки целесообразности реализации инновационного проекта на промышленном предприятии, являющимся звеном цепи поставок. В основе метода лежит сочетание двух классических задач математического программирования, а именно: задачи производственного планирования и транспортной задачи (с перевалкой) линейного программирования. При этом предполагается, что инновационный проект относится только к технологическим нововведениям на предприятии, а инновационный эффект выражается в убывающей зависимости себестоимости производства продукции от искомых объемов инвестиций, направленных на замену устаревших технологий новыми. Произведенная продукция должна быть доставлена в заданное множество пунктов потребления. В итоге получается некоторая задача нелинейного программирования.

Пусть имеется промышленное предприятие, выпускающее продукцию K наименований. Производственные издержки по выпуску единицы продукции k -го наименования составляют s_k (включая затраты на закупку, доставку и хранение сырья). Для выпуска продукции используется R видов сырья, полуфабрикатов и других производственных ресурсов причем на производство единицы продукции k -го вида необходимо затратить a_{kr} сырья r -го вида, а ресурс вида r имеется в количестве b_r . Произведенная продукция поступает на склад, откуда она должна быть доставлена в M пунктов назначения через N пунктов перевалки (например, через морские порты). Обозначим через W_n пропускную способность (или вместимость складов) n -го перевалочного пункта, а через d_{km}^+ и d_{km}^- соответственно верхнюю и нижнюю оценки ожидаемой потребности в продукции k -го вида в m -м пункте назначения, $d_{km}^- \leq d_{km}^+$. Можно считать, что в пунктах перевалки продукция перегружается с одного вида транспорта на другой (например, с железнодорожного на морской).

Введем вспомогательные множества

$$B_k = \{m \mid d_{km}^+ > 0, m = 1, 2, \dots, M\}, k = 1, 2, \dots, K,$$

а также параметры управления рассматриваемой задачи:

x_k - количество продукции k -го вида, запланированное для выпуска предприятием;

x_{kn} - количество готовой продукции k -го вида, которое планируется для перевалки в n -м перевалочном пункте;

y_{knm} - количество готовой продукции k -го вида, которое планируется для доставки из n -го перевалочного пункта в m -й пункт назначения;

v_k - размер инвестиций в реализацию технологической новации k -го вида.

Предполагается, что издержки на производство единицы продукции k -го вида $s_k(v_k)$ являются убывающими функциями от v_k . Например, можно принять, что

$$s_k(v_k) = \frac{s_{0k}}{1 + \gamma_k v_k} \quad \text{или} \quad s_k(v_k) = s_{0k} e^{-\gamma_k v_k} \quad (1)$$

где s_{0k} - значение издержек для устаревшей технологии; γ_k - коэффициент, характеризующий степень эффективности инноваций при производстве продукции k -го вида. Конкретный вид зависимостей

типа (1) может быть установлен методами регрессионного анализа.

Выражение для суммарной прибыли от функционирования цепи поставок с учетом реализации инновационного проекта может быть представлено следующим образом:

$$\Pi = \sum_{k=1}^K p_k x_k - \sum_{k=1}^K s_k (v_k) x_k - \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N s'_{kn} x_{kn} - \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M s''_{knm} y_{knm} - \sum_{k=1}^K v_k, \quad (2)$$

где p_k – доход от продажи единицы продукции k -го вида; s'_{kn} – стоимость перевозки (включая ее перевалку) единицы готовой продукции k -го вида в n -й перевалочный пункт; s''_{knm} – стоимость перевозки (включая погрузку на транспортное средство) единицы продукции k -го вида из n -го пункта в m -й пункт назначения.

Ограничения, накладываемые на параметры управления, будут иметь следующий вид:

1) ограничения на производственные ресурсы:

$$\sum_{k=1}^K a_{kr} x_k \leq b_r, \quad r = 1, 2, \dots, R; \quad (3)$$

2) вся произведенная продукция должна быть вывезена со склада предприятия:

$$\sum_{n=1}^N x_{kn} = x_k, \quad k = 1, 2, \dots, K; \quad (4)$$

3) потребности всех пунктов назначения должны быть удовлетворены:

$$d_{km}^- \leq \sum_{n=1}^N y_{knm} \leq d_{km}^+, \quad m \in B_k, \quad k = 1, 2, \dots, K; \quad (5)$$

4) вся завезенная в n -й пункт перевалки продукция k -го вида должна быть из него вывезена:

$$x_{kn} = \sum_{m \in B_k} y_{knm}, \quad n = 1, 2, \dots, N; \quad k = 1, 2, \dots, K; \quad (6)$$

5) в n -м перевалочном пункте не может быть перегружено больше груза, чем его пропускная способность:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{m \in B_k} y_{knm} \leq w_n, \quad n = 1, 2, \dots, N; \quad (7)$$

6) условия неотрицательности параметров управления:

$$x_k, x_{kn}, y_{knm}, v_k \geq 0, \quad \forall k, n, m. \quad (8)$$

Таким образом, мы пришли к следующей модели производственно-транспортной задачи с учетом инновационной деятельности предприятия-производителя: найти производственный план предприятия $\{x_k\}$, планы перевозок для транспортных предприятий $\{x_{kn}\}$ и $\{y_{knm}\}$, а также инвестиционный план внедрения на предприятии технологических новшеств $\{v_k\}$, максимизирующие функцию (2) при ограничениях (3)-(8).

Отметим, что из (3)-(7) вытекают следующие необходимые условия разрешимости сформулированной задачи оптимизации:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{m \in B_k} d_{km}^- \leq \sum_{n=1}^N w_n; \quad \sum_{k=1}^K \sum_{m \in B_k} a_{kr} d_{km}^- \leq b_r, \quad r = 1, 2, \dots, R.$$

Обсуждаются пути дальнейшего обобщения приведенной модели оптимизации, в частности на динамический случай.